

TUGAS AKHIR

**ANALISIS TURBIN UAP PADA PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA PANAS BUMI**



Disusun :

DHEFRIZAL MISBAKHUL HABIB

D200160204

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

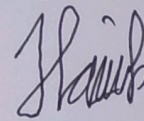
2020

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya tugas akhir : **Analisis Turbin Uap Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi** yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat Sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tugas akhir yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesajanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 8 Juli 2020

Yang menyatakan



Dhefrizal Misbakhul H.

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul "**Analisis Turbin Uap Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi**" telah disetujui oleh Pembimbing dan diterima untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat Sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **DHEFRIZAL MISBAKHUL HABIB**

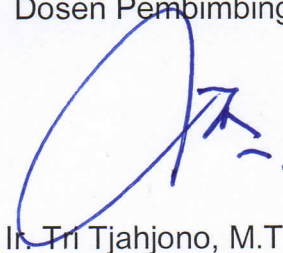
NIM : **D200160204**

Disetujui pada

Hari : *Kamis*

Tanggal : *25 Juni 2020*

Dosen Pembimbing



Ir. Tri Tjahjono, M.T

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir berjudul "**Analisis Turbin Uap Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi**", telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat Sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

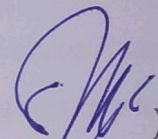
Nama : **DHEFRIZAL M. H.** NIM : **D200160204**

Disahkan pada,

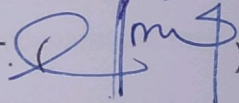
Hari/tanggal :

Tim Penguji :

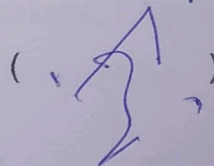
Ketua : Ir. Subroto, M.T

()

Sekretaris : M. Alfatih Hendrawan., S.T., M.T.

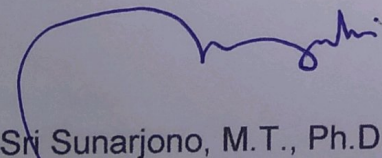
()

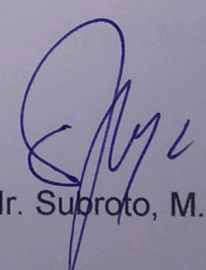
Anggota : Ir. Sunardi Wiyono, M.T.

()

Dekan

Ketua Jurusan


Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., IPM


Ir. Subroto, M.T



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Jl. A.Yani, Pabelan, Kartasura, Tromol Pos I Telp. (0271) 717417 ext. 222

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta Nomor 030/II/2020 Tanggal 20 Februari 2020 tentang Pembimbing Tugas Akhir dengan ini :

Nama : Ir. Tri Tjahjono, M.T.
Kedudukan : Pembimbing Utama
Memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa :
Nama : Dhefrizal Misbakhul Habib
Nomor Induk : D200160204
Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir
Judul/Topik : Analisis Turbin Uap Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi
Rincian Soal/Tugas : Menganalisis pengaruh laju aliran massa dan kulit uap terhadap efisiensi turbin uap pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi
Demikian Soal Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 1 April 2020

Pembimbing

Ir. Tri Tjahjono, M.T.

Keterangan:

Dibuat rangkap 3 (tiga)

1. Untuk Kajur (Koordinator TA)
2. Untuk Pembimbing Tugas Akhir
3. Untuk Mahasiswa

HALAMAN MOTTO

“Segala sesuatu itu tergantung dengan niat, usaha, dan doamu”

“Wa man yatawakkal ‘alallaaha fahuwa hasbuh, inallaaha baalighu amrih..”

“Barangsiapa bertawakkal pada Allah, maka Allah akan memberikan kecukupan padanya, sesungguhnya Allah lah yang akan melaksanakan urusan (yang dikehendaki)-Nya.”

(QS. Ath-Thalaq: 3).

“Kadang apa yang kita mau tidak sesuai dengan harapan, tapi Allah tau apa yang terbaik buat kita”

ABSTRAKSI

Turbin uap termasuk mesin-mesin konversi energi yang mengubah energi tekanan uap menjadi energi kinetis pada nosel dan selanjutnya diubah menjadi energi mekanis pada sudu-sudu turbin yang dipasang pada poros turbin. Metode yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah dengan cara pengambilan data pada *control room* di PT. Indonesia Power Kamojang POMU. PT. Indonesia Power Kamojang POMU bergerak dalam bidang pembangkitan listrik dengan memanfaatkan uap alam sebagai fluida kerjanya. Turbin uap ini mampu menghasilkan daya sebesar 55,3061 mW dan mempunyai tingkat efisiensi yang baik yaitu sebesar 71,48%.

Kata kunci : turbin uap, efisiensi, konversi energi, nosel, daya

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas dan rahmat-Nya sehingga penyusunan laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan.

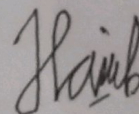
Tugas akhir berjudul "Analisis Turbin Uap Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi" dapat diselesaikan dengan baik atas dukungan dari beberapa pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis dengan segala ketulusan dan keikhlasan hati ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Ir. Subroto, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Ir. Tri Tjahjono M.T. selaku Pembimbing Tugas Akhir.
4. Keluarga yang selalu memberikn dukungan dan doa kepada penulis.
5. Diana Rahmawati yang selalu meberikan dukungan serta penyemangat dalam pengerjaan Tugas Akhir.
6. Semua pihak yang telah membantu, semoga Allah membalas kebaikanmu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun dari pembaca akan penulis terima dengan senang hati.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surakarta, 8 Juli 2020


Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR	v
LEMBAR MOTTO.....	vi
ABSTRAKSI	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR GRAFIK	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SIMBOL	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1 Pengetahuan Perihal Turbin.....	4
2.1.1 Turbin.....	4
2.1.2 Macam-macam turbin	4
2.1.3 Turbin Uap	6
2.1.4 Komponen-komponen Utama Turbin Uap	7
2.1.5 Cara Kerja Turbin Uap	8
2.1.6 Klasifikasi Turbin Uap	9

2.2 Laju Aliran Massa (debit)	14
2.3 Segitiga Kecepatan	15
2.4 Termodinamika.....	19
2.4.1 Pengertian Dasar Mengenai Termodinamika	21
2.4.2 Hukum Temodinamika Ke-Nol	22
2.4.3 Panas / Kalor (Q)	22
2.4.4 Macam-macam Proses	22
2.4.5 Panas Jenis (<i>Spesifik Heat</i>)	25
2.4.6 Entalpi (h)	26
2.5 Kubah Uap	27
2.6 Turbin Uap (<i>Steam Turbine</i>)	27
2.7 Analisis Uap	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1 Metode Penelitian.....	31
3.2 Tempat dan waktu	33
3.3 Alat dan Bahan	33
3.4 Metode Pengumpulan Data.....	35
BAB IV PERHITUNGAN UNJUK KERJA TURBIN UAP	37
4.1 Kecepatan Uap Masuk Turbin (V)	37
4.2 Analisis Kecepatan Pada Sudu Turbin	38
4.3 Analisis Unjuk Kerja Turbin Uap.....	42
4.3.1 Perubahan Enthalpi (Δh)	43
4.3.2 Daya Ideal Turbin (W_{ideal})	43
4.3.3 Daya Actual Turbin (W_{act})	44
4.3.4 Efisiensi Turbin (η_t)	44
4.4. Analisa Data & Pembahasan.....	47
4.4.1 Kualitas Uap Terhadap Efisiensi Turbin	47
4.4.2 Laju Aliran Uap Terhadap Efisiensi Turbin	48
BAB V PENUTUP.....	49

5.1 Kesimpulan.....	49
---------------------	----

5.2 Saran.....	49
----------------	----

Daftar Pustaka

Lampiran

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin Uap	4
Gambar 2.2 Turbin Gas	5
Gambar 2.3 Turbin Angin.....	5
Gambar 2.4 Turbin Air	6
Gambar 2.5 Komponen-komponen Utama pada Turbin	7
Gambar 2.6 Turbin Impuls	9
Gambar 2.7 Turbin Reaksi.....	11
Gambar 2.8 Turbin Tunggal	12
Gambar 2.9 Turbin Bertingkat.....	13
Gambar 2.10 Aliran Uap Dari Nosel.....	14
Gambar 2.11 Segitiga Kecepatan	15
Gambar 2.12 Diagram T-s Air	20
Gambar 2.13 Proses Isobaris dalam Diagram P – V	23
Gambar 2.14 Proses <i>Isothermal</i> dalam Diagram P – V	24
Gambar 2.15 Proses <i>Isocoric</i> dalam Diagram P – V.....	25
Gambar 2.16 Kubah Uap dalam P – V.....	27
Gambar 2.17 Siklus Rankine	28
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	32
Gambar 3.2 Turbin Uap	34
Gambar 3.3 Generator	35
Gambar 4.1 Skema Turbin Uap	37
Gambar 4.2 Diagram h-s.....	42

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Pengaruh Kualitas Uap Terhadap Efisiensi Turbin	47
Grafik 4.2 Pengaruh Laju Aliran Uap Terhadap Efisiensi Turbin.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 3.2 Spesifikasi Turbin Uap	30
Tabel 3.3 Spesifikasi Generator	31
Tabel 3.3 Data Teknis Pada <i>Control Room</i>	36
Tabel 3.4 Lanjutan	36
Tabel 4.2 Data Hasil Perhitungan	47

DAFTAR SIMBOL

Huruf Roman	Keterangan	Satuan
A	Luas penampang saluran keluar	(m ²)
c	Kecepatan aktual fluida (air/uap/gas)	(m/s)
c _a	Kecepatan aktual fluida axial	(m/s)
c _u	Kecepatan aktual fluida tangensial	(m/s)
°C	Celcius	(°C)
°F	Fahrenheit	(°F)
h ₁	Enthalpi uap masuk turbin	(kJ/kg)
h _{2s}	Enthalpi uap keluar turbin (isentropis)	(kJ/kg)
h _{f1}	Enthalpi dari cairan jenuh data NO 1	(kJ/kg)
h _{f2}	Enthalpi dari cairan jenuh data NO 2	(kJ/kg)
h _{f3}	Enthalpi dari cairan jenuh data NO 3	(kJ/kg)
h _{f4}	Enthalpi dari cairan jenuh data NO 4	(kJ/kg)
h _{fg1}	Enthalpi penguap laten turbin data NO 1	(kJ/kg)
h _{fg2}	Enthalpi penguap laten turbin data NO 2	(kJ/kg)
h _{fg3}	Enthalpi penguap laten turbin data NO 3	(kJ/kg)
h _{fg4}	Enthalpi penguap laten turbin data NO 4	(kJ/kg)
h _{g1}	Enthalpi dari uap jenuh data NO 1	(kJ/kg)
h _{g2}	Enthalpi dari uap jenuh data NO 2	(kJ/kg)
h _{g3}	Enthalpi dari uap jenuh data NO 3	(kJ/kg)
h _{g4}	Enthalpi dari uap jenuh data NO 4	(kJ/kg)
°K	Kelvin	(K)
\dot{m}	Laju aliran massa	(kg/s)
P	Tekanan	(bar)
°R	Rankine	(°R)
S _{f1}	Entropy dari cairan jenuh data NO 1	(kJ/kg K)
S _{f2}	Entropy dari cairan jenuh data NO 2	(kJ/kg K)
S _{f3}	Entropy dari cairan jenuh data NO 3	(kJ/kg K)

S_{f4}	Entropy dari cairan jenuh data NO 4	(kJ/kg K)
S_{fg1}	Entropi penguap laten turbin data NO 1	(kJ/kg K)
S_{fg2}	Entropi penguap laten turbin data NO 2	(kJ/kg K)
S_{fg3}	Entropi penguap laten turbin data NO 3	(kJ/kg K)
S_{fg4}	Entropi penguap laten turbin data NO 4	(kJ/kg K)
S_{g1}	Entropy dari uap jenuh data NO 1	(kJ/kg K)
S_{g2}	Entropy dari uap jenuh data NO 2	(kJ/kg K)
S_{g3}	Entropy dari uap jenuh data NO 3	(kJ/kg K)
S_{g4}	Entropy dari uap jenuh data NO 4	(kJ/kg K)
u	Kecepatan putar sudu turbin	(m/s)
v	kecepatan fluida mengalir	(m/s)
w	Kecepatan relatif c terhadap u	(m/s)
w_a	Kecepatan relatif axial (meredian)	(m/s)
w_u	Kecepatan relatif tangensial (putar)	(m/s)
x	Kualitas uap	-
ρ	Kerapatan uap	(kg/m ³)
Δh	Perubahan enthalpi	